

D 1



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑪ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑫ EP 0 549 993 B1

⑬ DE 692 18 572 T2

⑭ Int. Cl. 9:
B 29 C 67/00
G 03 C 9/08

⑮ Unionspriorität:
814859 30.12.91 US

⑯ Patentinhaber:
Texas Instruments Inc., Dallas, Tex., US

⑰ Vertreter:
Prinz und Kollegen, 81241 München

⑱ Benannte Vertragstaaten:
DE, FR, GB, IT, NL

⑲ Erfinder:
Mitcham, Larry D., Temple, Texas 76502, US; Nelson,
William E., Dallas, Texas 75214, US

⑳ Stereolithographische Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung eines Modells

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzurichten und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 692 18 572 T2

DE 692 18 572 T2

EP 0 549 993 (92121770.9-2307)

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

Diese Erfindung bezieht sich auf eine stereolithographische Vorrichtung, wie sie im Oberbegriff des Anspruches 1 definiert ist, und auf ein Verfahren, wie es im Oberbegriff des Anspruches 9 definiert ist.

Eine stereolithographische Vorrichtung und ein Verfahren wie oben erwähnt sind aus der WO-A-91/12120 bekannt. Dieses Dokument beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bilden eines dreidimensionalen körperlichen Gegenstands durch Belichten aufeinanderfolgender Schichten eines flüssigen Materials mit einer vertikal beweglichen Energiequelle. Die Vorrichtung enthält eine feste Trägerplatte, die in einem Behälter angeordnet ist, wobei die Flüssigkeit auf aufeinanderfolgend höhere Pegel im Behälter oberhalb der Platte ausgegeben wird. In einer Ausführungsform wird Flüssigkeit von einem Speicherbehälter unterhalb der Platte einem oberen Abschnitt des Behälters oberhalb der Platte mittels eines im Speicherbehälter angeordneten expandierbaren Elements zugeführt. Entweder allein oder in Kombination mit dem expandierbaren Element kann oberhalb der Platte ein vertikal beweglicher Flüssigkeitsspender vorgesehen sein. Die Energiequelle enthält einen Laser, ein optisches Fokussierungssystem und einen Abtastkopf, um einen Laserstrahl so zu orientieren, daß ausgewählte Abschnitte aufeinanderfolgender Schichten des flüssigen Mediums verfestigt werden.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Die Stereolithographie ist ein Prozeß, durch den dreidimensionale Gegenstände aus dünnten Schichten von gehärteten oder ausgehärteten flüssigen Polymeren hergestellt werden. Die flüs-

sigen Polymere oder Harze werden wahlweise durch eine intensive Lichtquelle mit geeigneter Wellenlänge gehärtet. Typischerweise wird zum Härteten des flüssigen Polymers ein Ultraviolett-Laser (UV-Laser), ein Argonionen-Laser oder ein Laser anderen Typs verwendet. Der jeweilige Laser wird durch einen x-y-Scanner, der typischerweise Daten für computergestützten Entwurf ("CAD"-Daten) interpretiert, auf einen dünnen Film des Polymers gerichtet. Die CAD-Daten repräsentieren in mathematischer Weise die Form des zu erzeugenden Gegenstands als Reihe von aufeinanderfolgenden dünnen Schichten von Plättchen, typischerweise mit einer Dicke von 1/100 Zoll. Der Gegenstand kann dadurch erzeugt werden, daß Abschnitte eines Harzfilms, die der ersten Schicht des Gegenstands entsprechen, ausgehärtet werden, daß die gehärtete Schicht mit einem gleichmäßigen dünnen flüssigen Film beschichtet wird und daß Abschnitte des zweiten Films, die dem nächsten Plättchen des Gegenstands entsprechen, ausgehärtet werden. Dieser Prozeß wird solange wiederholt, bis jedes Plättchen des Modells als eine Schicht des gehärteten Polymers hergestellt ist. Das durch die Stereolithographie erzeugte Modell kann für die Prüfung und die Bewertung von konstruktiven Entwürfen, für Bearbeitungszwecke und für Fertigungsanwendungen mit niedriger Stückzahl verwendet werden.

Bekannte Vorrichtungen und Verfahren für stereolithographische Prozesse sind durch wenigstens zwei Eigenschaften begrenzt. Erstens begrenzt die Verwendung eines x-y-Scanners die Geschwindigkeit, mit der ein Laserstrahl einen Film aus flüssigem Harz abtasten kann, auf ungefähr 55 Zoll pro Sekunde. Diese Geschwindigkeit hat in Verbindung mit der hohen vertikalen Auflösung des Prozesses eine lange Herstellungsduer und einen niedrigen Produktausstoß zur Folge. Zweitens begrenzt die Verwendung eines bestimmten Lasers als Beleuchtungsquelle den Typ des flüssigen Harzes, das im System verwendet werden kann. Jedes Harz weist eine individuelle Reaktion auf verschiedene Wellenlängen der elektromagnetischen Strahlung auf. Typischerweise kann jedes Harz nur durch einen einzigen Lasertyp gehärtet werden. Dies hat zur Folge, daß die Harzzusammensetzung ohne teuere Hardware-Veränderungen kaum oder überhaupt nicht

verändert werden kann. Außerdem können nicht alle Strahlungswellenlängen als Laserlicht erzeugt werden. Dies schließt die Verwendung bestimmter Harze aus, da es keinen Laser gibt, um sie auszuhärten.

In der EP-A-0 450 762 sind eine Festkörperabbildungsvorrichtung und ein Festkörperabbildungsverfahren beschrieben, mit denen ein einteiliger dreidimensionaler Gegenstand aus mehreren Querschicht-Abschnitten des Gegenstands erzeugt wird, indem aufeinanderfolgende Schichten einer flüssigen, photoverformbaren Zusammensetzung gezielt mit einer chemisch wirksamen Strahlung belichtet werden. Die Vorrichtung enthält ein Gefäß, das die Zusammensetzung so enthält, daß es eine freie Fläche aufweist, sowie eine bewegliche Plattform, die innerhalb des Gefäßes unterhalb der freien Fläche angeordnet ist. Ein Teil der Zusammensetzung wird über die freie Fläche befördert, indem ein Spender an vorgegebene Positionen in einem Abstand von der Plattform abgesenkt und angehoben wird. Eine Rakel wird mit der über die freie Fläche beförderten Zusammensetzung in Kontakt gebracht und dann über die Plattform bewegt, um eine im wesentlichen gleichmäßige Schicht der Zusammensetzung zu bilden.

Das Dokument EP-A-0 391 529 beschreibt ein visuelles Anzeigesystem mit einem räumlichen Lichtmodulator mit einzeln und gleichzeitig steuerbaren Elementen. Jedes Element kann einen einzelnen Lichtstrahl erzeugen, der auf eine Anzeigefläche gerichtet wird. Es wird eine Quelle von zufällig polarisiertem Licht verwendet, um Licht auf den Modulator zu lenken.

Das Dokument WO-A-89/09687 bezieht sich auf ein System für die Erzeugung von Präzisionskunststoffprodukten durch die Polymerisation flüssiger Kunststoffe, wobei fokussierte Ultraviolett-Laserstrahlen verwendet werden, deren computergesteuerte Positionierung relativ zu der Fläche eines computergesteuerten einstellbaren Kolbens, der in den flüssigen Kunststoff eingetaucht ist, ermöglicht, daß das erzeugte gehärtete Kunststoffprodukt auf der Stirnfläche des Kolbens aufliegt, wenn innerhalb des flüssigen Kunststoffs die Prozesse der Profilierung des mittels

4

des computergesteuerten Laserstrahls geschaffenen Produkts stattfinden. Das System ist besonders für die Transformation eines Computersoftware-Produktentwurfs in eine dreidimensionale, körperliche Kunststoffkopie geeignet. Das System hat eine Anwendung bei der Herstellung von reinen Kunststoffkredit- und -identifizierungskarten, Kunststoffmodellen von Gebäuden, Spielwaren, Buchstaben, Zahlen, Werkzeugen, Gießformen und Prägestempeln.

Es ist daher ein Bedarf an einer stereolithographischen Vorrichtung entstanden, die einen hohen Produkttausstoß zuläßt und die mit einem größeren Bereich stereolithographischer Harze kompatibel ist.

Die Aufgabe der Erfindung ist, eine schnelle, flexible und kostengünstige stereolithographische Vorrichtung zu schaffen, die besonders für die Herstellung großer Modelle geeignet ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die obige Aufgabe gelöst durch eine stereolithographische Vorrichtung, die die Merkmale des Anspruches 1 besitzt.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die obige Aufgabe ferner durch ein Verfahren zum Bilden eines Modells aus gehärtetem Harz gelöst, das die Merkmale des Anspruches 9 besitzt.

Besondere Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

Es wird eine stereolithographische Vorrichtung offenbart, die versehen ist mit einer Wanne zur Aufnahme einer stereolithographischen Flüssigkeit, einer Arbeitsfläche innerhalb der Wanne, einem Hubmechanismus zum Steuern des Niveaus der Flüssigkeit in der Wanne relativ zu der Arbeitsfläche, einer Beleuchtungsquelle zum Aussenden von Strahlung und einer Vorrichtung mit verformbaren Mikrospiegeln. Die Beleuchtungsquelle sendet

Strahlung aus, die die Flüssigkeit härtet kann, während die Vorrichtung mit verformbaren Mikrospiegeln die auftreffende Strahlung auf die Flüssigkeitsoberfläche reflektieren kann.

Der erste technische Vorteil der offenbarten Erfindung ist deren Geschwindigkeit. Die mehreren Mikrospiegel, die die Vorrichtung mit verformbaren Mikrospiegeln umfassen, lassen die Härtung einer gesamten Harzsicht in einem einzigen Belichtungsintervall zu. Diese Technik erlaubt einen viel größeren Durchsatz.

Ein zweiter technischer Vorteil der Vorrichtung ist deren Flexibilität. Es kann fast jede Beleuchtungsquelle mit der Vorrichtung mit verformbaren Mikrospiegeln verwendet werden. Die Beleuchtungsquelle kann daher an das jeweils verwendete Harz angepaßt werden und kann sogar ein preiswerter Glühlampenkolben sein.

Ein dritter technischer Vorteil der offenbarten Erfindung sind deren Kosten. Vorrichtungen mit verformbaren Mikrospiegeln sind derzeit in Massenproduktionsmengen bei Kosten weit unterhalb denjenigen eines x-y-Laserscanners erhältlich.

Ein weiterer technischer Vorteil der Erfindung ist deren Eignung für die Herstellung großer Modelle. Es können viele Belichtungsköpfe kombiniert werden, um eine große Schicht einer Flüssigkeit auszuhärten, alternativ kann ein einzelner Belichtungskopf so positioniert werden, daß er die gleiche große Fläche in wenigen Belichtungsintervallen aushärtet. Die Auflösung bleibt indessen hoch.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Für ein vollständigeres Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile wird nun auf die folgende Beschreibung Bezug genommen, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gegeben wird, in denen:

Fig. 1a bis 1e eine Folge von Schritten für die Erzeugung eines Modells unter Verwendung des stereolithographischen Prozesses veranschaulichen;

Fig. 2 eine teilweise perspektivische, teilweise schematische Darstellung eines Belichtungskopfes ist, der eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung für die Verwendung in dem in den Fig. 1a bis 1e dargestellten Prozeß enthält;

Fig. 3 perspektivisch eine eine Flächenmatrix bildende Vorrichtung mit verformbaren Mikrospiegeln, die in dem Belichtungskopf von Fig. 2 verwendet werden kann, darstellt;

Fig. 4 schematisch darstellt, wie der Belichtungskopf von Fig. 2 mit ähnlichen Belichtungsköpfen kombiniert werden kann, um die mögliche Modellgröße zu erhöhen; und

Fig. 5 perspektivisch darstellt, wie der Belichtungskopf von Fig. 2 geschwenkt werden kann, um eine größere Filmgröße auszuhärten.

GENAUER BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

Die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und deren Vorteile werden am besten mit Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 4 der Zeichnungen verständlich, wobei gleiche Bezugszeichen für gleiche oder entsprechende Teile der verschiedenen Zeichnungen verwendet werden.

Die Fig. 1a bis 1e zeigen eine Folge von Schritten für die Erzeugung eines Modells unter Verwendung des stereolithographischen Prozesses.

(a) Die stereolithographische Vorrichtung ("SLA") 10 enthält eine Wanne 12 zur Aufnahme einer stereolithographischen Flüssigkeit 14, eine Arbeitsfläche 16, einen Heber 18 für die Steuerung des Niveaus der Flüssigkeit relativ zur Arbeitsfläche

16 und einen Belichtungskopf 20 zum Aushärten ausgewählter Abschnitte des Harzes, wie weiter unten genauer beschrieben wird. Die stereolithographische Flüssigkeit kann ein Harz oder ein Polymer sein, wie den Fachleuten wohlbekannt ist. Die SLA 10 kann außerdem eine Flüssigkeitsaufbringvorrichtung 22 umfassen, um eine gleichmäßige Flüssigkeitsdicke auf jeder Modellierungsstufe sicherzustellen.

Im Betrieb wird ein dünner Flüssigkeitsfilm auf die Arbeitsfläche 16 beispielsweise durch Anheben des Hebers 18 innerhalb der Wanne 12 aufgebracht. Der Heber 18 bewirkt einen Anstieg der Flüssigkeit 14 durch Perforationen 24 hindurch, wodurch auf der Arbeitsfläche 16 ein dünner Film gebildet wird. Der Belichtungskopf 20 hält dann ausgewählte Abschnitte des flüssigen Films aus, indem er darauf elektromagnetische Strahlung richtet. Der Belichtungskopf 20 wird durch eine (in Fig. 2 gezeigte) Schaltungsanordnung gesteuert, die Daten des so zu modellierenden Gegenstands interpretiert. Die Daten repräsentieren den Gegenstand als eine Reihe von aufeinanderfolgenden dünnen Schichten oder Plättchen, die den Gegenstand ergeben, wenn sie übereinandergestapelt sind. Typischerweise können Daten für computergestützten Entwurf ("CAD"-Daten) ganz leicht in aufeinanderfolgende Schichten oder Plättchen des zu erzeugenden Modells umgesetzt werden.

(b) Der Heber 18 bewegt sich erneut nach oben, um zu bewirken, daß die Flüssigkeit 14 die vorher ausgehärtete Schicht 26 ("Werkstück"), die auf der Arbeitsfläche 16 aufliegt, mit einem zweiten Flüssigkeitsfilm bedeckt. Diese zweite Flüssigkeitsschicht bedeckt sowohl die ausgehärteten als auch die nicht ausgehärteten Abschnitte der ersten Schicht. Außerdem kann die Aufbringvorrichtung 22 eine geringe Flüssigkeitsmenge auf das Werkstück 26 sprühen, um eine gleichmäßige Filmbeschichtung des Werkstücks 26 sicherzustellen. Jeder Film besitzt eine Dicke von ungefähr 0,25 mm (1/100 Zoll).

(c) Der Belichtungskopf 26 härtet die in Fig. 1b aufgebrachte zweite Flüssigkeitsschicht aus, wie in Verbindung mit Fig. 1a beschrieben worden ist.

(d) Die Schritte in den Fig. 1a bis 1c werden dann so lange wiederholt, bis das vollständige Teil 28 hergestellt worden ist.

(e) Das vollständige Teil 28 kann dann aus der SLA 10 entnommen werden. Unter gewissen Bedingungen und bei Verwendung gewisser Flüssigkeiten kann es notwendig sein, das Teil 28 vor seiner Verwendung in einem (nicht gezeigten) Ofen auszuhärten.

Eine SLA ähnlich derjenigen, die in den Fig. 1a bis 1e gezeigt ist, kann von 3D Systems Inc., Valencia, Kalifornien, oder von Quadrax Laser Technologies, Inc., Portsmouth, Rhode Island, erworben werden. Die SLA von 3D Systems verwendet einen HeCd-Laser mit einer Wellenlänge von 325 nm. Das 3D-System unterscheidet sich von dem obenbeschriebenen Prozeß. Es senkt sukzessive die Arbeitsfläche unter die Flüssigkeitsoberfläche ab, anstatt die Flüssigkeit relativ zur Arbeitsfläche anzuheben. Hier wird der gebildete Gegenstand langsam untergetaucht, während er auf der Oberfläche der Flüssigkeit erzeugt wird. Die SLA von Quadrax Laser Technologies verwendet in dem in Verbindung mit den Fig. 1a-1c beschriebenen Prozeß einen Argonionen-Laser für sichtbares Licht. Andere SLA-Entwurfsingenieure verwenden Ultraviolett-Laser ("UV"-Laser), um stereolithographische Flüssigkeiten zu härten.

Fig. 2 ist eine teilweise perspektivische, teilweise schematische Darstellung eines Belichtungskopfs 20, der eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung für die Verwendung in dem in den Fig. 1a bis 1e dargestellten Prozeß enthält. Der Belichtungskopf 20 enthält eine Beleuchtungsquelle 30, eine eine Flächenmatrix bildende Vorrichtung 32 mit verformbaren Mikrospiegeln ("DMD"), zwei Linsen 34 und 36 und eine Steuerungsschaltungsanordnung 38. Die Beleuchtungsquelle 30 sendet eine Strahlung aus, die eine bestimmte SLA-Flüssigkeit härtet kann. Die

Linse 34 beleuchtet die DMD 32 gleichmäßiger als dies ohne sie der Fall wäre. Die Linse 36 fokussiert und vergrößert das von der DMD 32 reflektierte Licht auf die Arbeitsfläche 16 (in den Fig. 1a-1e gezeigt). Die DMD 32 ist eine elektrooptische Vorrichtung, die eine regelmäßige $n \times m$ -Matrix von Mikrospiegeln enthält, die von Texas Instruments, Inc., Dallas, Texas, gefertigt wird. Jeder Spiegel kann elektronisch gesteuert werden, um auftreffende Strahlung längs eines von mehreren optischen Wegen zu reflektieren. In der bevorzugten Ausführungsform enthält die DMD 32 eine Matrix von bistabilen Spiegeln, d. h. es gibt zwei optische Wege für jeden Spiegel. Die Beleuchtungsquelle 30, die DMD 32 und die Linsen 34 und 36 sind so positioniert, daß das von der Beleuchtungsquelle 30 auf der DMD 32 auftreffende Licht dann und nur dann, wenn einer der beiden optischen Wege gewählt ist, auf einen dünnen Film aus SLA-Harz fokussiert wird. Der optische Weg der von der Beleuchtungsquelle 30 ausgesendeten Strahlung ist durch die konvergierenden und divergierenden Strichlinien gezeigt. Jeder bistabile Spiegel auf der DMD 32 wird durch die Schaltungsanordnung 38 gesteuert, die Daten von einem (nicht gezeigten) Prozessor interpretiert. Die Schaltungsanordnung 38 kann anderswo angeordnet sein oder vollständig in einem eigenständigen Prozessor integriert sein. Die Beleuchtungsquelle 30 kann an die in dem SLA-Prozeß verwendete besondere stereolithographische Flüssigkeit angepaßt sein und könnte durch einen gewöhnlichen Wolfram-Halogen-Glühlampenkolben oder durch eine beliebige Anzahl von Lasern für sichtbares oder unsichtbares Licht gegeben sein.

Fig. 3 zeigt perspektivisch eine eine Flächenmatrix bildende Vorrichtung 32 mit verformbaren Mikrospiegeln, die in dem Beleuchtungskopf 20 von Fig. 2 gezeigt ist. Die DMD 32 umfaßt einen Körper 40 mit einer ebenen aktiven Fläche 42 und einer Anzahl von elektrischen Anschlußstiften 44. Die aktive Fläche 42 der DMD 32 kann eine $n \times m$ -Matrix von einzeln adressierbaren, bistabilen Mikrospiegeln sein. Jeder Mikrospiegel ist typischerweise ein Quadrat oder ein Rhombus mit Seiten von 12 bis 20 Mikrometern. Diese geringe Größe ermöglicht, daß eine einzelne DMD mit einer Fußfläche von ungefähr 1290 mm^2 (2

Quadratzoll) über zwei Millionen einzeln adressierbare Spiegel beispielsweise in einer 1920×1080 -Matrix besitzt. Diese geringe Mikrospiegelgröße ermöglicht, daß der Belichtungskopf 20 (in Fig. 2 gezeigt) in einem einzigen Belichtungsintervall eine Fläche von $101 \times 202 \text{ mm}^2$ (4×8 Quadratzoll) mit der gleichen Auflösung, wie sie durch frühere x-y-Scanner/Laser-Belichtungskopfkombinationen erzielt wurde, aushärtet. Typischerweise erzielen diese früheren Belichtungsköpfe Auflösungen von $\pm 0,13 \text{ mm}$ ($\pm 0,005$ Zoll). In einem solchen Fall würde die Linse 36 von Fig. 2 das Bild der DMD 32 um einen Faktor 4x–6x vergrößern.

Fig. 4 zeigt, wie mehrere Belichtungsköpfe 20 kombiniert oder "kachelförmig angeordnet" werden können, um eine Fläche von beispielsweise $203 \times 406 \text{ mm}$ (8×16 Quadratzoll) zu bedecken. Dies ermöglicht dem Benutzer, den gleichen hohen Auflösungsgrad, wie er in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben worden ist, beizubehalten. In einer solchen gekachelten Konfiguration härtet jeder Belichtungskopf 20 einen Quadranten des Filmharzes aus. Jeder Quadrant besitzt eine Fläche von $101 \times 202 \text{ mm}^2$ (4×8 Quadratzoll). Es können beliebig viele Belichtungsköpfe 20 kombiniert werden, um die maximale Modellgröße zu erhöhen.

Fig. 5 zeigt, wie ein einzelner Belichtungskopf 20 an einer Positionierungsvorrichtung 46 mit zweidimensionaler Bewegungsfreiheit angebracht werden kann. Der einzelne Belichtungskopf 20 kann dabei so beschaffen sein, daß er ein Harzplättchen aushärtet, das größer als das projizierte Bild der DMD 32 (Fig. 2 und 3) ist. Dadurch kann der Benutzer den gleichen hohen Auflösungsgrad, wie er in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben worden ist, aufrechterhalten. Es ist in der Technik bekannt, daß Positionierungsvorrichtungen, die in lithographischen Prozessen verwendet werden, Auflösungen besitzen, die mit denen des SLA-Prozesses vergleichbar sind. Diese Positionierungsvorrichtungen werden für die Ausrichtung von Photomasken auf Siliciumwafern bei der Herstellung von Vorrichtungen wie etwa integrierten Schaltungen verwendet.

Obwohl die vorliegende Erfindung im einzelnen beschrieben worden ist, können selbstverständlich verschiedene Änderungen, Ersetzungen und Operationen vorgenommen werden, ohne vom Umfang der Erfindung, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, abzuweichen.

EP 0 549 993 (92121770.9-2307)Patentansprüche

1. Stereolithographische Vorrichtung (10) mit einer Wanne (12) zur Aufnahme einer stereolithographischen Flüssigkeit (14), einer Arbeitsfläche (16) innerhalb der Wanne (12), einem Hubmechanismus (18) zum Steuern des Niveaus der Flüssigkeit in der Wanne (12) relativ zu der Arbeitsfläche (16), wobei die stereolithographische Vorrichtung gekennzeichnet ist durch wenigstens einen Belichtungskopf (20), wobei jeder Belichtungskopf (20) eine Beleuchtungsquelle zum Aussenden einer Strahlung, die die Flüssigkeit härten kann, und eine eine Flächenmatrix bildende Vorrichtung (32) mit verformbarer Mikrospiegeln aufweist, die abhängig von angelegten Signalen in selektiver Weise die Strahlung zur Erzeugung eines Bildes auf die Oberfläche der Flüssigkeit (14) reflektiert.
2. Stereolithographische Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner enthaltend eine Linse (36) zum Vergrößern des Bildes der eine Flächenmatrix bildenden Vorrichtung (32) mit verformbaren Mikrospiegeln.
3. Stereolithographische Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner enthaltend eine Positionierungseinheit (46) zum Bewegen des Belichtungskopfs (20) in zwei Dimensionen.

EP 0 549 993 (92121770.9-2307)

- 13 -

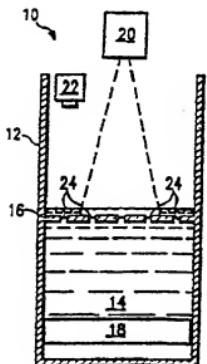


FIG. 1a

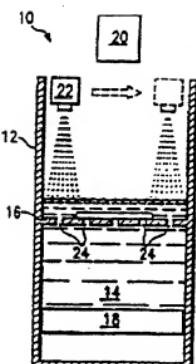


FIG. 1b

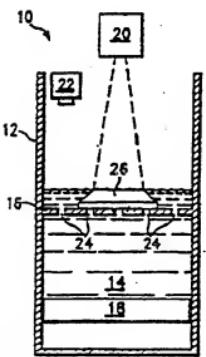


FIG. 1c

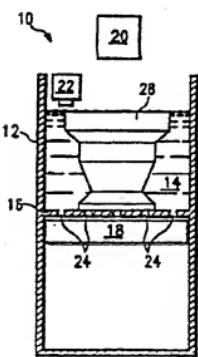


FIG. 1d

Best Available Copy

- 14 -

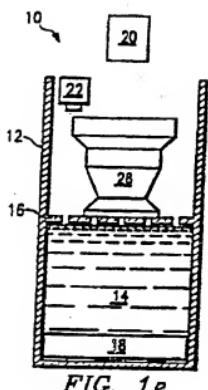


FIG. 1e

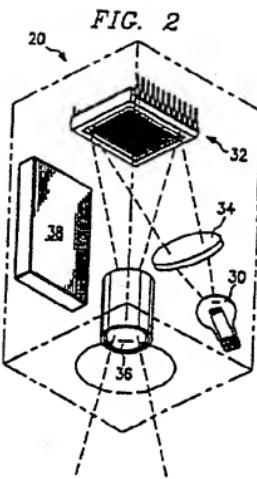


FIG. 2

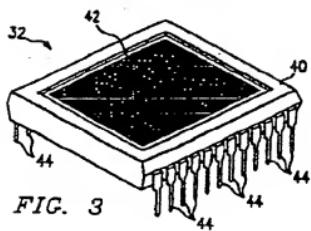


FIG. 3

- 15 -

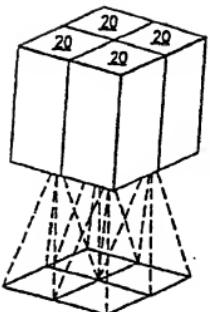


FIG. 4

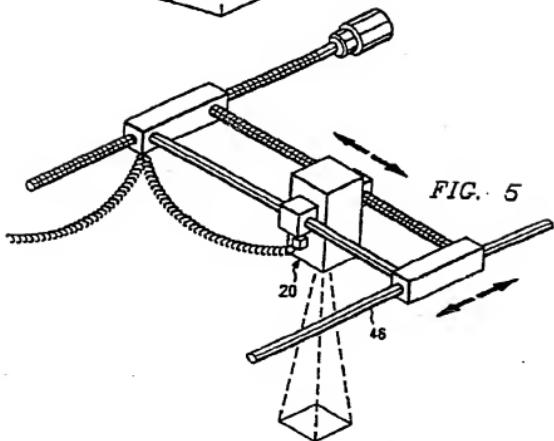


FIG. 5